第 41 卷　第 2 期　　天 文 学 进 展　　Vol. 41,　No. 2
2023 年 6 月　　PROGRESS IN ASTRONOMY　　Jun., 2023

doi: 10.3969/j.issn.1000-8349.2023.02.07

地球定向参数预报误差及其对北斗三号卫星定轨精度的影响

项　宇[1]，蒋孝卿[1]，杨建华[2,4]，胥灿灿[2,4]，杨　祚[1]，
吕　昊[1]，唐成盼[2,4]，王文斌[2,4]，罗秋阳[1]，许雪晴[2,3]

(1. 北京卫星导航中心，北京　100094；　2. 中国科学院 上海天文台，上海　200030；　3. 中国科学院行星科学重点实验室，上海　100049；　4. 中国科学院大学 天文与空间科学学院，北京　100049)

摘要： 地球定向参数 (Earth orientation parameters, EOP) 是地球参考系到地心天球参考系之间转换的桥梁，是卫星精密定轨过程中不可缺少的重要参数。以国际地球自转服务 (International Earth Rotation Service, IERS) 和中国科学院上海天文台 (Shanghai Astronomical Observatory, SHAO) 提供的 EOP 参数为例，分析了北斗三号仅区域网观测模式和星地星间联合观测模式下的定轨精度与 EOP 预报误差间的关系。研究表明，对于 IERS 提供的产品，其预报误差对仅区域站定轨模式的定轨精度影响较小，但是其 10 d 内的预报误差对星地星间联合定轨模式定轨精度的影响可达到分米级。对于 SHAO 提供的产品，两种定轨模式的定轨精度均随着 EOP 预报天数的增大而逐渐衰减。除此之外，不同产品的星地星间联合定轨模式下定轨精度均小于仅区域网监测下的定轨模式下的定轨精度，表明星间链路的加入可以降低卫星定轨对 EOP 预报误差的依赖。该研究对区域观测条件下的卫星精密定轨工程实现具有重要意义。

关　键　词： 地球定向参数；卫星精密定轨；北斗三号

中图分类号： P228　　　　**文献标识码：** A

1　引　言

用户使用全球导航卫星系统 (global navigation satellite system, GNSS) 进行定位时，主要通过获取卫星播发的广播星历和时间信息实现自身位置、速度与时间的解算，广播星历中卫星轨道参数的精度在很大程度上决定了用户定位精度[1]。美国的全球定位系统 (global positioning system, GPS) 与欧洲的伽利略卫星导航系统 (Galileo satellite navigation system, Galileo) 通过全球布设监测站对在轨卫星进行连续观测实现轨道解算和预报[2–4]，其

收稿日期： 2022-05-25；　**修回日期：** 2022-09-13

资助项目： 上海天文台重点培育项目 (N20210601003)

通讯作者： 许雪晴，xqxu@shao.ac.cn

广播星历轨道用户测距误差 (user range error, URE) 分别为 0.49 m 和 0.14 m[5, 6]。为解决区域观测站无法对卫星进行全弧段观测这一问题，北斗第三代导航系统 (Beidou Navigation Satellite System, BDS-3) 卫星搭载了 Ka 波段相控阵天线，可实现星间观测；通过联合使用区域监测站观测数据和星间链路 (inter satellite link, ISL) 观测数据，实现了精度更高的卫星精密定轨[7–9]，其广播星历轨道 URE 为 0.09 m[5]，优于 GPS 和 Galileo。

卫星的位置与时间在参考系下的准确描述是 GNSS 实现精密导航授时服务的重要前提[9]。GNSS 的轨道产品生成一般包括精密定轨、轨道预报、星历参数计算三个部分。精密定轨时各类观测数据的修正是在北斗参考系 (Beidou Coordinate System, BDCS) 下描述的[10–12]，其与国际地球参考系 (International Terrestrial Reference System, ITRS) 间的差异在亚厘米级，可忽略不计[12]。轨道的积分和状态转移矩阵的计算一般在地心天球参考坐标系 (Geocentric Celestial Reference System, GCRS) 下进行[13]，最终的星历参数计算和用户实现自身位置和速度解算是在 BDCS 下进行的。可见，从卫星定轨到用户解算自身位置过程中多次涉及参考系 GCRS 和 ITRS 之间的相互转换问题。因此，如何准确描述两个参考系之间的关系，是 GNSS 提供高精度轨道产品的重要前提。

地球定向参数 (Earth orientation parameters, EOP)[12]是地球参考系与天球参考系之间的转换和精密定轨的重要参数。在精密定轨过程中，EOP 误差不仅会影响观测中系数矩阵的表达，还会影响卫星的加速度，从而影响卫星的状态转移矩阵，产生系统误差，该误差不会完全被吸收到定轨残差中，会影响定轨结果精度。EOP 数据的更新存在一天以上的延迟，因此，准实时的卫星精密定轨无法获取实时或准实时的 EOP。考虑到 GNSS 提供的服务实时性由几秒到几个小时。因此，GNSS 只能通过预报的 EOP 数据来保证地球参考系和天球参考系之间的转换精度。从 Dill 等人[25]的论文结果来看，EOP 预报误差随时间逐渐变大，影响定轨精度。因此，随着 GNSS 精密定轨对 EOP 预报误差的要求越来越高，使得寻求高精度 EOP 预报方法的研究尤为重要。国内外学者对 EOP 参数的预报误差、预报模型进行了大量的研究[14–23]，这些研究克服了预报 EOP 的诸多困难。然而，目前对不同观测条件下 GNSS 定轨精度和 EOP 预报误差之间的关系研究较少，尚不清楚在工程实践中 GNSS 精密定轨对 EOP 的依赖关系。因此，本文以区域观测条件下的 BDS-3 为例，研究卫星精密定轨对预报 EOP 的依赖性。该研究对区域观测条件下的卫星精密定轨工程实现具有重要意义。

我们利用 2021 年 11 月份的事后 EOP 数据 (IAU1980 章动模型) 和定轨需要的观测数据，以及 2021 年 9 月 3 日—11 月 30 日期间的 EOP 预报数据开展研究。第 2 章介绍和分析了 IERS 和 SHAO 提供的在 2021 年 11 月份的 EOP 预报误差。第 3 章介绍了区域网观测条件下的 BDS-3 卫星仅星地观测数据定轨方法，并分析了该模式下的定轨精度与两种产品预报误差之间的关系。第 4 章介绍了引入 ISL 观测数据后的 BDS-3 卫星星地星间联合定轨方法，并利用 11 月 19 日—22 日的星间观测数据分析了星地星间联合模式的定轨精度与 EOP 预报误差之间的关系。

2　EOP 产品预报误差分析

以 IERS 推荐的 IAU1976/1980 岁差章动模型中的预报 EOP 为例，在卫星轨道积分和确定过程中，需要使用的预报参数包括黄经章动改正量 ($\Delta\phi$)、交角章动改正量 ($\Delta\epsilon$)、地球极移的两个分量 ($x_{\rm p}$, $y_{\rm p}$), $UT1-UTC$。$UT1-UTC$ 的单位是毫秒，乘以地球自转平均角速率转化为角度。

以 IERS 为例，从图 1 看出，所有 EOP 中，$UT1-UTC$ 的预报误差最大，65 d 后，预报误差可达到 100 mas。其次是极移参数，90 d 内预报误差不超过 5 mas。预报误差最小的是章动改正参数，76 d 内小于 1 mas。

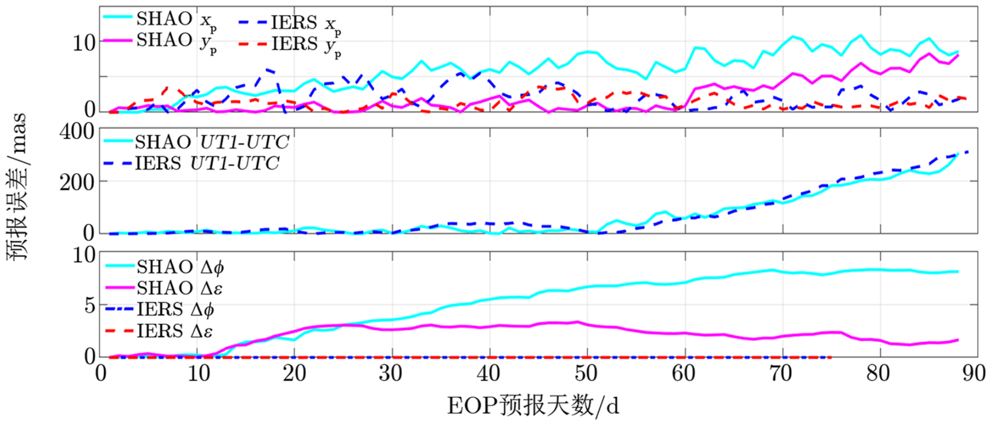

图 1　EOP 预报误差

基于上述考虑，表 1 给出了 2021 年 11 月份不同预报天数下的 $x_{\rm p}$, $y_{\rm p}$, $\Delta\phi$, $\Delta\epsilon$ 和 $UT1-UTC$ 的预报最大误差统计。从表 1 和图 1 中可以看出，SHAO 对 $x_{\rm p}$、$y_{\rm p}$ 的 7 d 内预报误差小于 IERS，7 d 以上预报误差大于 IERS；SHAO 对 $\Delta\phi$ 和 $\Delta\epsilon$ 的预报误差明显大于 IERS，IERS 对 $\Delta\phi$ 和 $\Delta\epsilon$ 的预报误差在第 77 天中断，77 d 后没有预报数据。SHAO 对 $UT1-UTC$ 的预报误差与 IERS 基本相当。

3　EOP 预报误差对区域站观测下的定轨精度影响

区域站观测条件下定轨策略与常规的 GNSS 卫星定轨策略相同[24]，如表 2 所示。区域站测站地理分布情况如图 2 所示。

本章分别利用 IERS 和 SHAO 提供的 EOP 预报参数和 BDS-3 地面站的观测数据，依据表 2 策略，对 BDS-3 卫星进行了定轨实验，分析统计不同 EOP 预报天数下的定轨的残差和精度。定轨需要 4 d 的 EOP 参数。由于 2021 年 11 月份前的 IERS 产品 $\Delta\phi$ 和 $\Delta\epsilon$ 只预报 76 d，因此没有统计 EOP 预报 77－90 d 的 IERS 产品结果。在 77 d 后，基于 IERS

表 1 不同预报天数下的 EOP 参数预报误差

预报天数/d	预报参数	IERS 最大预报误差/mas	SHAO 最大预报误差/mas
7	$UT1-UTC$	2.73	9.03
	$x_{\rm p}$	1.55	0.44
	$y_{\rm p}$	3.51	0.97
	$\Delta\phi$	0.003	0.052
	$\Delta\epsilon$	0.001	0.131
14	$UT1-UTC$	10.69	14.15
	$x_{\rm p}$	3.49	3.55
	$y_{\rm p}$	3.51	0.97
	$\Delta\phi$	0.009	1.140
	$\Delta\epsilon$	0.001	1.144
30	$UT1-UTC$	18.82	22.27
	$x_{\rm p}$	3.57	5.01
	$y_{\rm p}$	3.51	1.60
	$\Delta\phi$	0.010	3.552
	$\Delta\epsilon$	0.001	2.612
76	$UT1-UTC$	149.99	136.71
	$x_{\rm p}$	3.57	8.03
	$y_{\rm p}$	3.60	4.46
	$\Delta\phi$	0.010	8.100
	$\Delta\epsilon$	0.001	2.300
90	$UT1-UTC$	308.91	303.56
	$x_{\rm p}$	3.57	8.61
	$y_{\rm p}$	3.60	8.14
	$\Delta\phi$	—	8.100
	$\Delta\epsilon$	—	3.346

表 2 精密定轨策略

定轨方式	区域站观测条件下的精密定轨	星地星间联合定轨
数据	区域网地面观测站的 伪距相位观测数据	少量地面站对低轨星座伪距相位数据 Ka 波段星间链路测量数据
观测数据权重	载波相位观测：1 伪距观测：100	载波相位观测：1 伪距观测：100 ISL观测：10
定轨弧段	3 d	
动力学模型	二体运动、日月引力、太阳辐射压、固体潮 海潮摄动、极潮、地球非球形引力 (12 阶)	
截止高度角	地面站的截止高度角为 15°	
大气延迟	地面站对低轨星座伪距相位数据解算残余对流层延迟 ZTD 电离层延迟采用双频无电离层组合消除	
卫星天线相位偏差	考虑 PCO、PCV 和名义姿态	
待估动力学参数	所有卫星轨道待估参数包括卫星钟差、初轨、ECOM 模型相关参数	
模糊度策略	浮点解	
时间基准	约束 BDT 为 0	
空间基准	固定地面监测站坐标	

图 2　区域站测站地理分布

产品的计算结果使用第 76 天的 $\Delta\phi$ 和 $\Delta\epsilon$ 数据。

倾斜地球同步轨道 (inclined geosynchronous orbit, IGSO) 卫星和中轨道 (medium Earth orbit, MEO) 卫星定轨伪距残差及相位残差随 EOP 预报天数变化趋势如图 3 所示。对比图 1 可知，90 d 内相位残差和伪距残差在固定范围内波动。EOP 预报天数增加至 90 d 时，伪距残差由 77.89 cm (SHAO) 和 74.11 cm (IERS) 增大至 80.11 cm (SHAO) 和 74.76 cm (IERS)，仅分别升高了 2.9% (SHAO) 和 0.9% (IERS)。相位残差统计值由 0.89 cm (SHAO) 和 0.68 cm (IERS) 增大至 1.09 cm (SHAO) 和 0.72 cm (IERS)，分别升高了 22.5% (SHAO) 和 5.9% (IERS)。结果表明，无论是伪距残差或者相位残差，EOP 预报误差对它们的影响均较小。

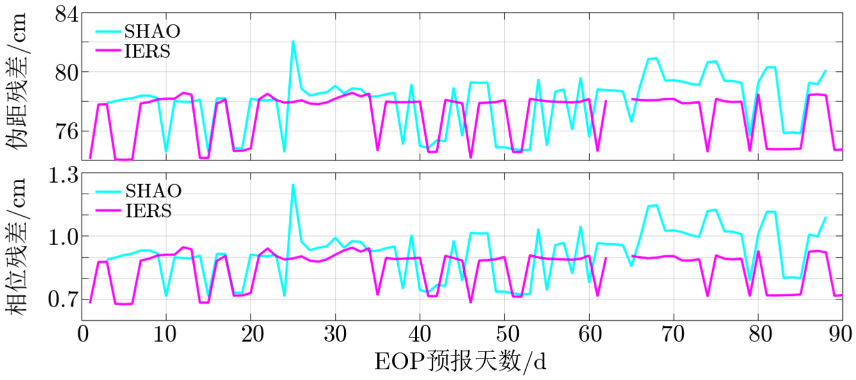

图 3　区域站模式下 EOP 预报天数与定轨残差的关系

以事后 EOP 定轨结果为基准，与利用不同预报天数 EOP 的定轨结果进行比较，分别分析径向误差 R、切面误差 TN (切向误差 T 与法向误差 N 的矢量和) 及 URE。URE 的计算如式 (1) 所示：

$$URE = \sqrt{[\omega_R \cdot rms(R)]^2 + \omega_{TN}^2[rms^2(T) + rms^2(N)]} \quad , \tag{1}$$

其中，ω_R 和 ω_{TN} 为 URE 贡献因子，为固定值，其取值与卫星轨道高度有关，其中 IGSO 取值分别为 0.992 和 0.088，MEO 取值分别为 0.981 和 0.136[5] 。

定轨精度随 EOP 预报天数变化结果如图 4 所示。径向误差、切面误差及轨道 URE 变化趋势相同。对于 IERS 的产品，定轨精度不受 EOP 预报时长的影响，但对于 SHAO 的产品，三种误差均随着 EOP 预报时长变大而缓慢变大。另外，当 $UT1-UTC$ 和 $\Delta\phi$、$\Delta\epsilon$ 发生显著变化时，定轨精度无显著变化。分析相关系数后得出结论，定轨精度受 $UT1-UTC$ 和 $\Delta\phi$、$\Delta\epsilon$ 影响较小，此结论与相关研究结论相同[26]。

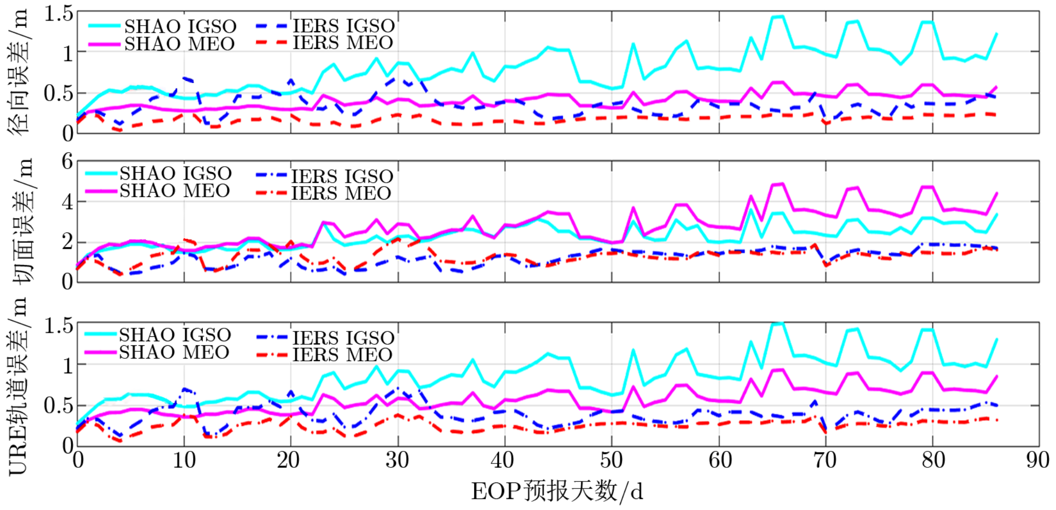

图 4　区域站定轨模式下 EOP 预报天数与定轨精度的关系

从图 4 可以看出，对于 IERS 的产品，随 EOP 预报天数变长，IGSO 和 MEO 的轨道误差基本不变。而对于 SHAO 的产品，可以看到 IGSO 和 MEO 的定轨精度随预报天数变长降低，且当 EOP 预报天数为 7　d 时，IGSO 和 MEO 的轨道 URE 均小于 0.6 m；当 EOP 预报天数为 90 d 时，IGSO 和 MEO 的轨道 URE 可分别增大至 1.30 m 和 0.85 m。

该结果显示，如果采用 IERS 产品进行 EOP 预报，则区域站定轨模式的定轨精度在相当长的时间内不受 EOP 预报误差的影响；但是如果采用 SHAO 的产品进行 EOP 预报，则在一定时间后，定轨精度会出现下降。同时我们可以看到，无论是 IERS，还是 SHAO 的产品，随着 EOP 预报天数变大，IGSO 的轨道误差变化幅度明显大于 MEO 的轨道误差变化幅度，且其误差始终大于 MEO 的轨道误差；这说明 EOP 预报误差对于不同卫星的定轨精度影响不同，对于 IGSO 的影响比 MEO 大。

4　EOP 预报误差对星间链路支持下的定轨精度影响

引入 ISL 观测数据后，本研究采用星地星间联合定轨策略对 BDS-3 卫星进行精密定轨[7–9]，如表 2 所示。使用的测站数据与第 3 章相同。

本章分别利用 IERS 和 SHAO 提供的 EOP 预报参数及 2021 年 11 月 19日—2021 年 11 月 22 日的星间链路观测数据和 BDS-3 地面站的观测数据，依据表 2 策略，对 BDS-3 卫星进行了定轨实验，并按照第 3 章中的方法对定轨残差和定轨精度进行分析。

定轨残差的结果如图 5 所示，伪距残差和相位残差的变化趋势和未加入星间观测数据的定轨残差结果一致。随着 EOP 预报天数增加至 90 d，伪距残差统计值在两种版本 EOP 参数下由 83.26 cm (SHAO) 和 82.90 cm (IERS) 变化至 85.64 cm (SHAO) 和 83.70 cm (IERS)，分别增加了 2.9% (SHAO) 和 1.0% (IERS)。相位残差统计值由 1.02 cm (SHAO) 和 0.97 cm (IERS) 变化至 1.59 cm (SHAO) 和 1.09 cm (IERS)，分别增长了 55.9% (SHAO) 和 12.4% (IERS)。星间伪距残差统计值在两种版本 EOP 参数下由 8.25 cm (SHAO) 和 8.20 cm (IERS) 变化至 8.62 cm (SHAO) 和 8.27 cm (IERS)，分别增加了 4.5% (SHAO) 和 0.9% (IERS)。

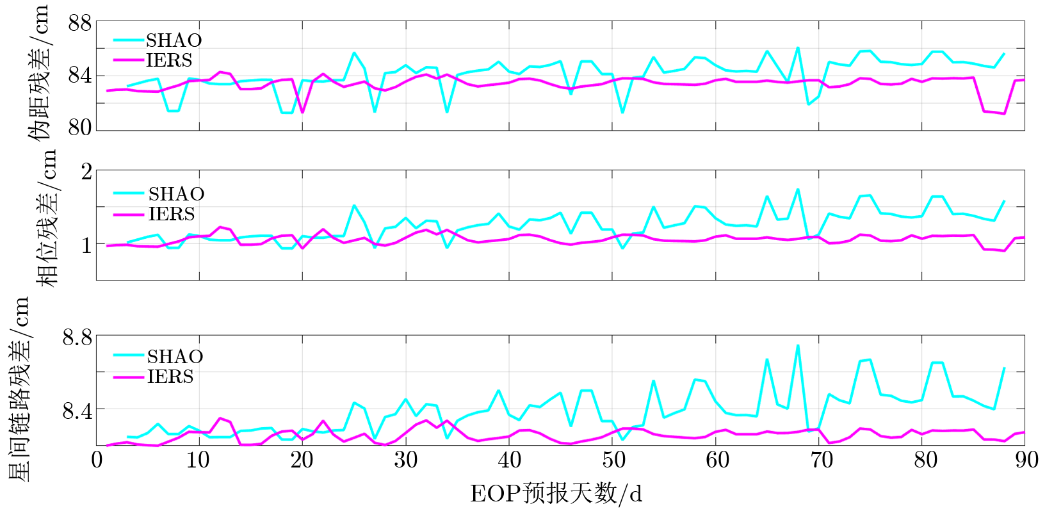

图 5　星地星间联合定轨模式下 EOP 预报天数与定轨残差的关系

结果表明，在星地星间联合定轨中，对于 IERS 的产品，EOP 预报误差对定轨残差的影响较小；对于 SHAO 的产品，EOP 预报误差对相位残差的相对影响较大，对伪距残差和星间伪距残差的相对影响较小。

从图 6 可知，对于 IERS 的产品，轨道误差在前 10 d 逐渐增大，随后保持在 0.2 ~ 0.4 m 范围内波动。而对于 SHAO 的产品，可以看到定轨精度随预报天数变长而降低；且当 EOP 预报天数为 7 m 时，IGSO 和 MEO 的轨道 URE 均小于 0.3 m；当 EOP 预报天数

为 90 d 时，IGSO 和 MEO 的轨道 URE 可分别增大至 0.78 m 和 0.57 m。

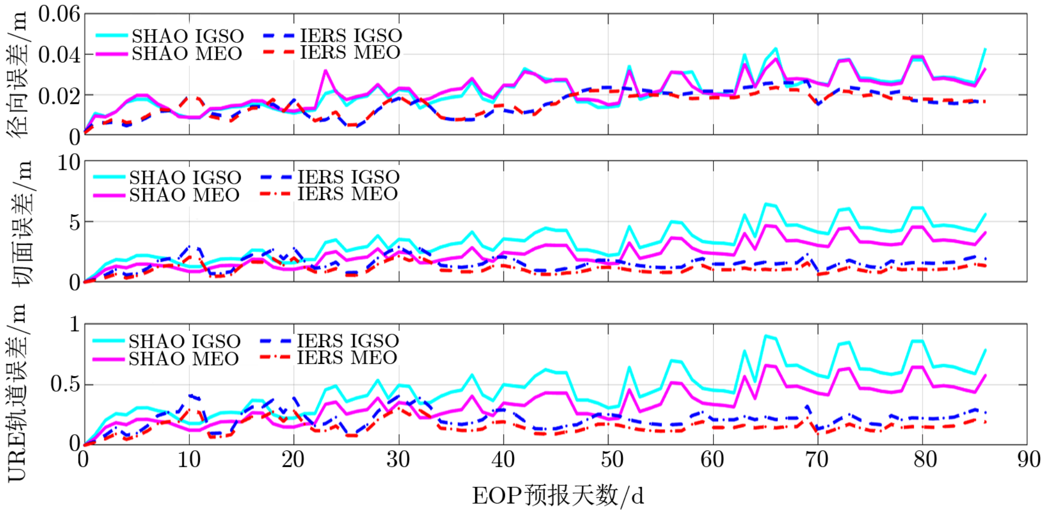

图 6　星地星间联合定轨模式下 EOP 预报天数与定轨精度的关系

该结果显示，如果采用 IERS 产品进行预报，则星地星间联合定轨模式的定轨精度在 90 d 内始终优于 0.5 m；但是如果采用 SHAO 的产品进行预报，则随预报时间变大，定轨精度会逐渐下降。同时我们可以看到，两种产品对于 IGSO 与 MEO 星的定轨误差影响和区域站定轨模式相同。对于 IERS 的产品，IGSO 与 MEO 受到的影响相同；而对于 SHAO 的产品，预报误差对 IGSO 的影响要比 MEO 大。

5　总结与展望

将 IERS 和 SHAO 提供的 EOP 参数用于 BDS-3 卫星精密定轨，然后通过分析区域网观测模式与星地星间联合观测模式下的定轨精度与 EOP 预报误差间的关系，我们得出结论：IERS 和 SHAO 提供的 EOP 参数均能满足 BDS-3 卫星精密定轨需求。对于 IERS 产品，轨道误差随 EOP 预报天数的增加基本不变；而对于 SHAO 的产品，随着 EOP 预报误差不断变大，卫星的定轨误差逐渐变大。另外，EOP 预报误差对不同类型的卫星定轨精度影响不同，对 IGSO 的影响程度比 MEO 更大。星间链路的加入可以降低卫星定轨对 EOP 预报误差的依赖。根据本文实验结果，给出在不同卫星导航服务的定轨精度实现情况下，两种定轨模式的定轨精度对 EOP 最长预报需求，如表 3 所示。

对于一般的相位用户而言，其服务提供的精度为厘米级到分米级，此时，采用预报两三天内的 EOP 可满足轨道 URE 小于 10 cm 的定轨精度需求。对于一般的伪距用户而言，其服务提供的轨道精度在分米到米级，此时，采用预报 90 d 以内的 EOP 可满足轨道 URE 小于 1 m 的定轨精度需求。该结果说明，星间链路加入后，相同定轨精度下的 EOP 最长预报

表 3　不同轨道精度要求下 EOP 最长预报天数 (SHAO/IERS)　　d

轨道误差要求	区域定轨 EOP 最长预报天数	星地星间联合定轨 EOP 最长预报天数	指标需求
<0.10 m(URE)	—/—	<2/3	实时厘米级 (IGS/MEGX)
<0.20 m(URE)	—/—	<2/6	实时分米级 (BDS3-B2b/CNES)
<0.25 m(URE)	—/—	<3/8	Galileo/BDS3
<0.40 m(URE)	<2/7	<31/23	GPS
<1.00 m(URE)	<38/90	<90/90	BD2

天数明显增大，表明星间链路的加入不仅可有效提高卫星定轨精度，还可以降低定轨精度对 EOP 参数精度的依赖程度。上述结论对工程中的卫星精稳运行、自主导航和未来时空基准天基化的理论发展有一定参考价值。

参考文献：

[1] Montenbruck O, Steigenberger, Prange L, et al. Adv Space Res, 2017, 59(7): 1671
[2] Bertiger W, Bar-Sever Y, Harvey N, eds. Proceedings of the 23rd International Technical Meeting of the Satellite Division of The Institute of Navigation. Portland: ION, 2010: 964
[3] Steigenberger, Montenbruck O. Galileo GPS Solut, 2017, 21: 319
[4] Dow J M, Neilan R E, Rizos C, et al. J Geod, 2008, 83(3): 191
[5] Yang J H, Hu X, Zhou S S, et al. Scientia Sinica: Physica, Mechanica et Astronomica, 2021, 51: 19508
[6] Montenbruck O, Steigenberger P, Andre Hauschild, et al. Adv Space Res, 2018, 61(12): 3020
[7] Tang C, Hu X, Zhou S, et al. J Geod, 2018, 92(10): 1155
[8] Chen J P, Hu X G, Tang C P, et al. Sci China-Phys Mech Astron, 2020, 63(6): 9511
[9] Yang Y, Yang Y, Hu X, et al. J Navig, 2020, 73(1): 115
[10] Han C H, Liu L, Lin Y T, et al. Satell Navig, 2021, 2(1): 18
[11] 刘宇宸, 刘利, 周善石, 等. 天文学进展, 2021, 39(1): 13
[12] Gerard P, Brian L, eds. IERS Conventions (2010). Frankfurt: IERS, 2010: 179
[13] Kalarus M, Schuh R, Kosek R, et al. J Geod, 2010, 84(10): 587
[14] Xu X, Zhou Y A, et al. Space Res, 2015, 56: 2248
[15] Xu X Q, Zhou Y H, Liao X H, et al. J Geodyn, 2012, 62: 83
[16] Kosek W, Kalarus M, Niedzielski T, eds. Observatoire de Paris: Paris, 2008: 155
[17] Akulenko L D, Kumakshev S A, Markov Y G, et al. Astron Rep, 2002, 46(10): 858
[18] Schuh H, Ulrich M, Egger D, et al. J Geod, 2002, 76(5): 247
[19] Wang Q J, Liao D C, Zhou Y H, et al. Sci Bull, 2008, 53: 969
[20] Freedman A P, Steppe J A, Dickey J O, et al. J Geophys Res Solid Earth, 1994, 99(B4): 6981
[21] Gross R S, Eubanks T M, Steppe J A, et al. J Geod, 1998, 72(4): 215
[22] Kosek W, Kalarus M, Johnson T J, et al. Artif Satell, 2005, 40(2): 119
[23] Kosek W, Kalarus M, Johnson T J, eds. Artificial Satellites. Paris: Observatoire de Paris, 2005: 140
[24] Tao J, Liu J, Hu Z, et al. GPS Solut, 2021, 25: 131
[25] R Dill H, Dobslaw M, Thomas, et al. J Geod, 2019, 93: 287

[26] 王新静, 袁运斌, 潭冰峰, 等. 大地测量与地球动力学. 2016, 36(10): 228

Influence of Earth Orientation Parameter Forecast Error on the Orbit Determination Accuracy of Beidou-3 Satellite

XIANG Yu[1], JIANG Xiao-qing[1], YANG Jian-hua[2,4], XU Can-can[2,4], YANG Zuo[1], LYU Hao[1], TANG Cheng-pan[2,4], WANG Wen-bin[2,4], LUO Qiu-yang[1], XU Xue-qin[2,3]

(1. Beijing Satellite Navigation Center, Beijing 100094, China; 2. Shanghai Astronomical Observatory, Chinese Academy of Sciences, Shanghai 200030, China; 3. Key Laboratory of Planetary Sciences, Chinese Academy of Sciences, Shanghai 200030, China; 4. School of Astronomy and Space Science, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: The Earth orientation parameters (EOP) is the bridge between the Earth reference frame and the geocentric celestial reference frame, and it is an indispensable important parameter in the process of satellite precise orbit determination. Taking the EOP parameters provided by the International Earth Rotation Service and the Shanghai Astronomical Observatory as examples, this paper analyzes the relationship between the orbit determination residuals, orbit determination accuracy, and EOP prediction capability under the Beidou-3 regional network observation mode and the satellite-ground inter-satellite joint observation mode. The research shows that for the products provided by IERS, the prediction error has little effect on the orbit determination accuracy of the regional station-only orbit determination model, but its 10-day prediction error has an decimeter-level impact on the orbit determination accuracy of the satellite-Earth-satellite joint orbit determination model. For the products provided by the Shanghai Astronomical Observatory, the orbit determination accuracy of the two orbit determination modes gradually decreases with the increase of the EOP forecast days. In addition, the orbit determination accuracy of different products in the satellite-Earth inter-satellite joint orbit determination mode is smaller than that in the orbit determination mode only under regional network monitoring, indicating that the addition of inter-satellite links can reduce the EOP of satellite orbit determination. Dependence on forecast errors. This research is of great significance to the realization of satellite precise orbit determination engineering under regional observation conditions.

Key words: Earth orientation parameters; satellite precise orbit determination; BeiDou-3 Navigation Satellite System